

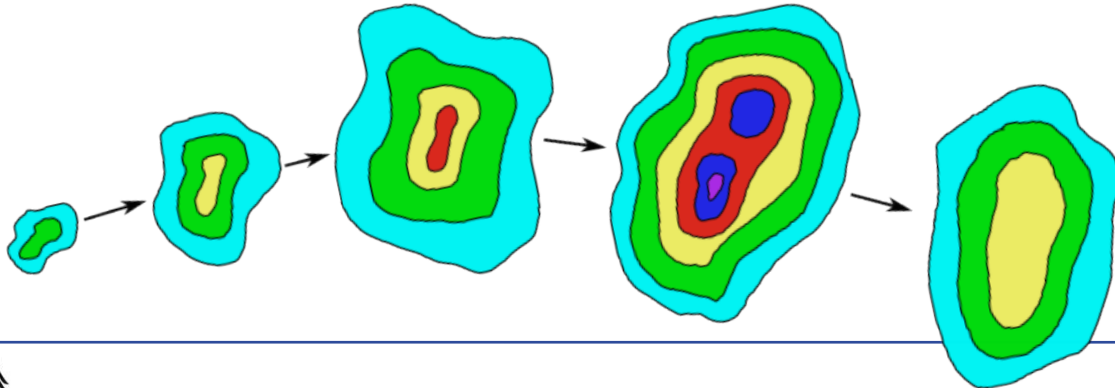
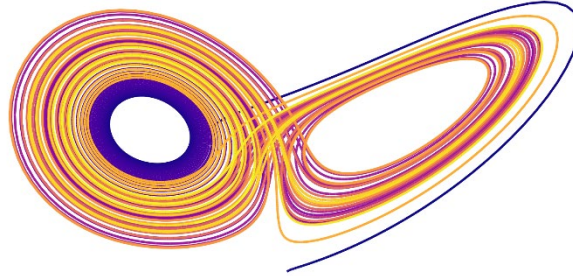
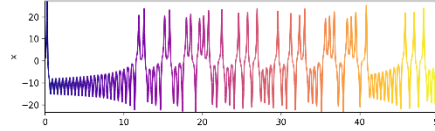
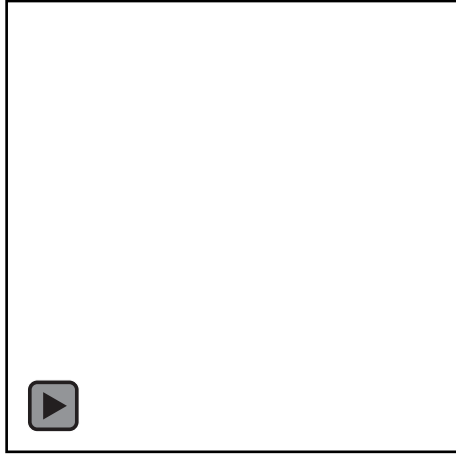


KI-Zentrum des Deutschen Wetterdienstes

Stefanie Hollborn
FE12 – Beobachtungsmodellierung und Verifikation

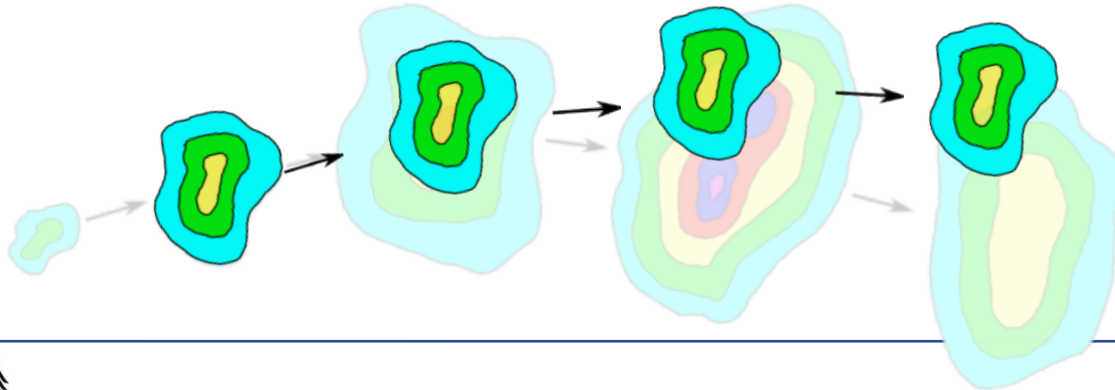
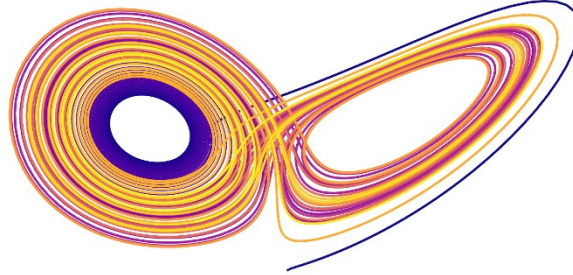
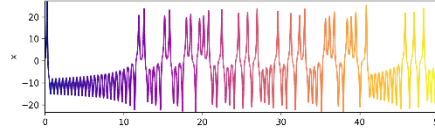


Vorhersagbarkeit der Atmosphäre



zeitlicher Verlauf einer
Niederschlagszelle

Vorhersagbarkeit der Atmosphäre



zeitlicher Verlauf einer
Niederschlagszelle
und ihre Vorhersage

Antike/Mittelalter

- Wissen nur vom Allgemeinen und Unveränderlichen

Neuzeit

- Einführung des Experiments: Intervention
- Naturgesetz versus phänomenale Naturauffassung
- Wissen um das Naturgesetz führt zu Naturbeherrschung (Technik, Ingenieurskunst)
- Kausalerklärung ermöglicht Prognosefähigkeit

Lewis Fry Richardson (1881-1953)
Weather Prediction by Numerical Process:
A fantastic forecast factory

**Datenbasierte Verfahren:
Korrelationsanalyse statt
Kausalerklärung**



<https://maths.ucd.ie/~plynch/Dream/ForecastFactory/SchuitenHD3.jpg>

Vorhersagbarkeit der Atmosphäre

Non-orographic wave drag

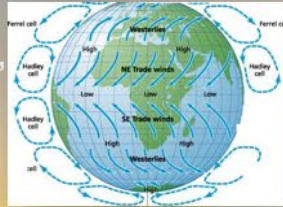
Short-wave
Radiation

Long-wave
Radiation

Winds, Temperature,
Water vapour, Pressure

Cloud, Water, Ice
Microphysics
Precipitation

Dynamics, Momentum,
Flux, Aerosols, Ozone



Deep
convection

Shallow
convection

Turbulence
Diffusion

Subgrid-scale
Orographic drag

Ocean, Lakes, Rivers, Snow

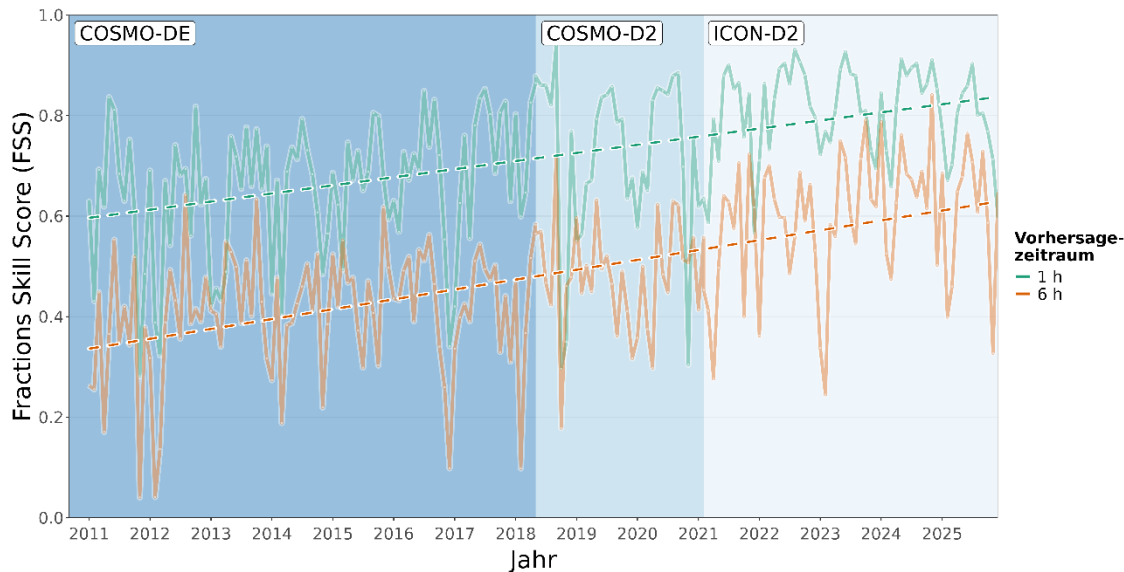
Heat Flux

LAND

Roughness
Humidity



Verbesserung der Vorhersagequalität



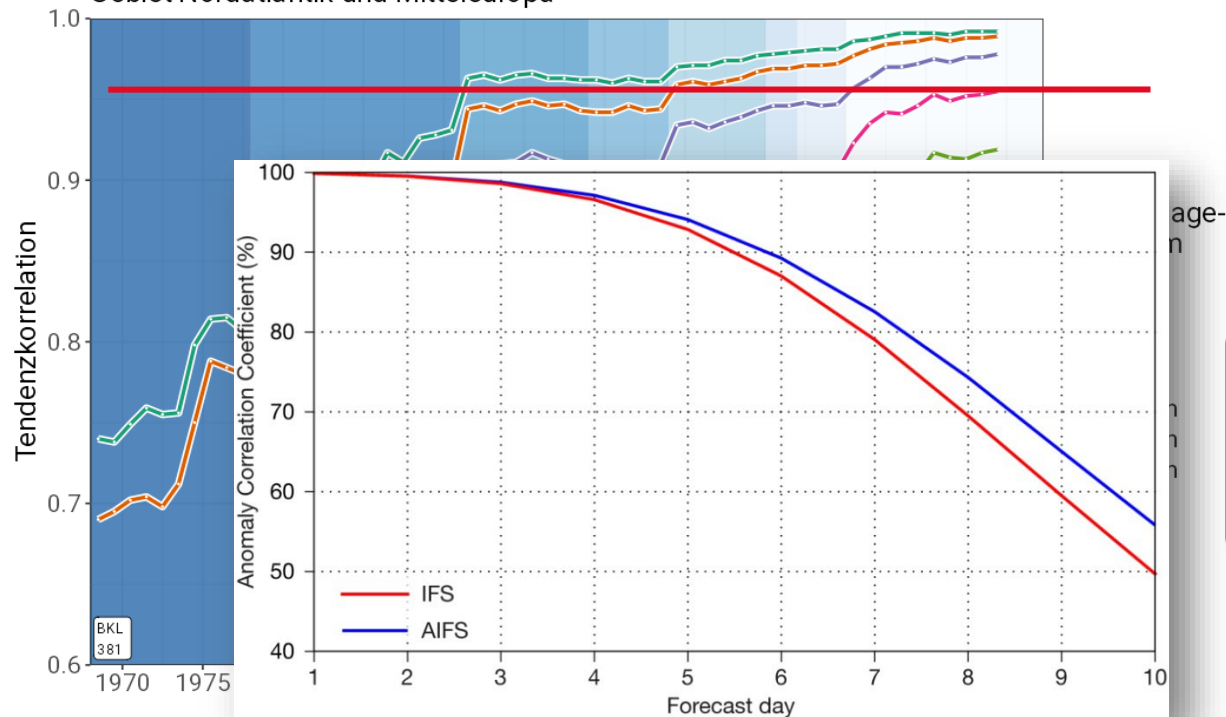
Die numerische Wettervorhersage (NWV) beruht auf dem Messnetz, Recheninfrastruktur, Datenassimilation und Atmosphärenphysik.

Niederschlag variiert lokal und zeitlich sehr stark und ist daher besonders schwierig vorherzusagen.

Der DWD investiert erheblich in die Verbesserung dieser Prognosen. Vergleiche mit Radardaten zeigen deutliche Fortschritte in der Vorhersagequalität.

Verbesserung der Vorhersagequalität

Verifikationsergebnisse der Luftdruckvorhersage [N.N.]
Gebiet Nordatlantik und Mitteleuropa

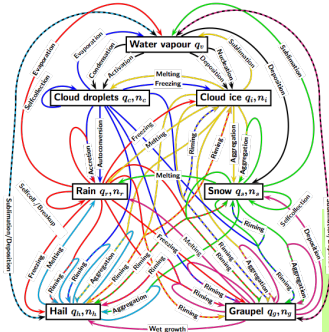
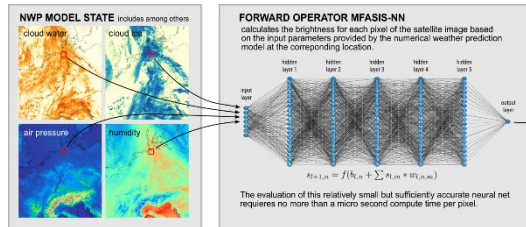


<https://www.ecmwf.int/en/newsletter/178/news/aifs-new-ecmwf-forecasting-system>

Eine Vier-Tages-Vorhersage ist heute so verlässlich wie eine Zwei-Tages-Vorhersage vor 20 Jahren und eine Ein-Tages-Vorhersage vor 35 Jahren.

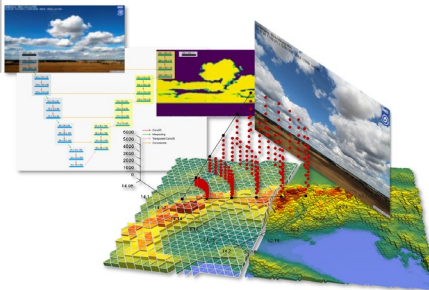
KI Modelle zeigen in gewissen Variablen eine dramatische Verbesserung im Vergleich zu klassischen Modellen.

Wettervorhersage im KI-Zeitalter



2020
iCamCloudOps Project
entwickelt erste KI-Operatoren in der NWV

2020
KI-Emulator für Wolken-Mikrophysik am DWD



2023
Start AIFS Entwicklung
am ECMW

2023
Start AICON Entwicklung
am DWD

2022
erste volle NWV
Emulatoren (Pangu,
FourCastNet, GraphCast)

2024
Start AI-VAR Entwicklung
am DWD

2024
EUMETNET E-AI

FourCastNet: A GLOBAL DATA-DRIVEN HIGH-RESOLUTION WEATHER MODEL USING ADAPTIVE FOURIER NEURAL NETWORKS

Pangu-Weather: A 3D High-Resolution System for Fast and Accurate Global Weather Forecast

GraphCast: Learning skillful medium-range global weather forecasting

nature

Explore content About the journal Publish with us Subscribe

nature news & views

NEWS | 14 November 2023

DeepMind AI accurately forecasts weather – on a desktop computer

The machine-learning model takes less than a minute to predict future weather worldwide more precisely than other approaches.

2025
Start des DWD
KI-Zentrums

2025
AICON: KI Wettervorhersage am DWD technisch operationell



Ebenen der KI Entwicklung



Maßgeschneiderte KI-Services für Kunden

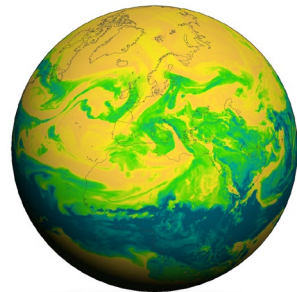
Mehrwert schaffen durch KI

KI in der Wettersvorhersage

*Sekundenschnell
von Messungen zu Vorhersagen*

Datenbasis

Modelldaten und Beobachtungen

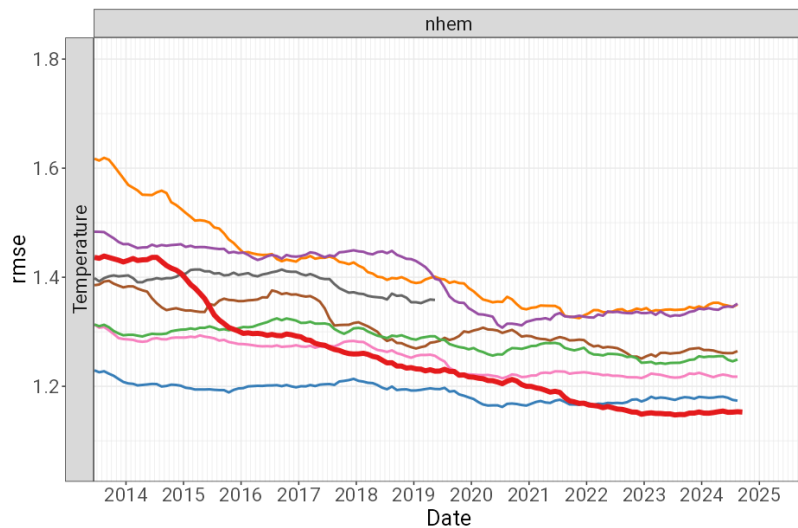


KI-Zentrum des DWD

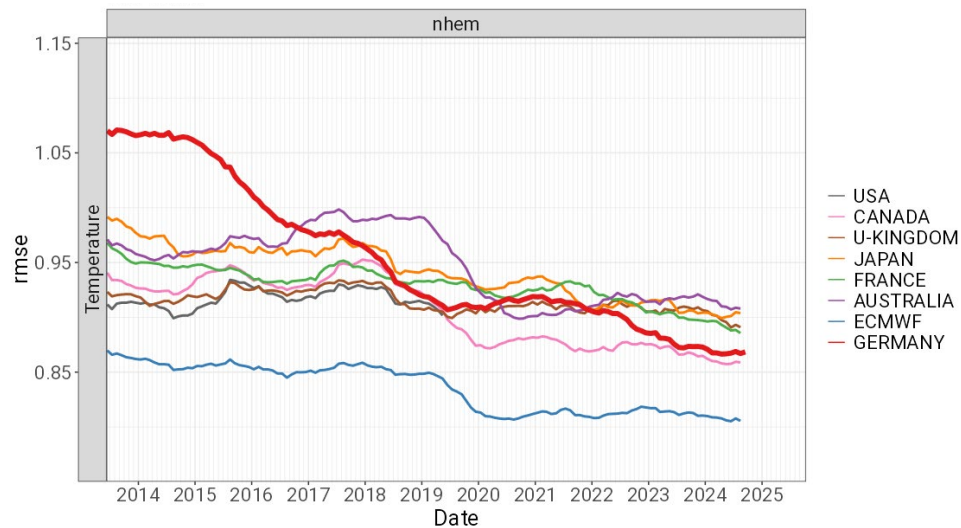


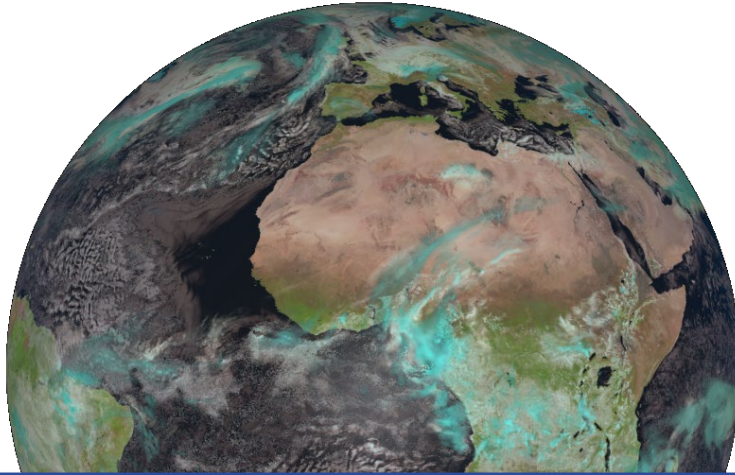
Verifikation der 24h-Vorhersagen gegen Radiosondenmessungen und Vergleich mit anderen Zentren

Höhe: 850 hPa (ca. 1,5 km)



Höhe: 500 hPa (ca. 5,5 km)





Simulierte Beobachtung ICON-DREAM



Beobachtung

Der DWD erstellt hochwertige und umfangreiche Datensätze, die die Erdatmosphäre der letzten Jahrzehnte detailliert beschreiben. Diese Datensätze dienen als Grundlage für das Training von KI-Verfahren.

Derzeit **zwei Reanalysen** basierend auf dem operationellen **ICON-NWV-System**

➤ **ICON-DREAM:**

Dual-resolution **R**eanalysis for **E**mulators, **A**pplications and **M**onitoring

- Globale Reanalyse mit 13 km Auflösung
- Verfeinerung über Europa mit 6,5 km Auflösung
- 15 Jahre (2010-2024) komplett – Verlängerung läuft

➤ **ICON-FORCE:**

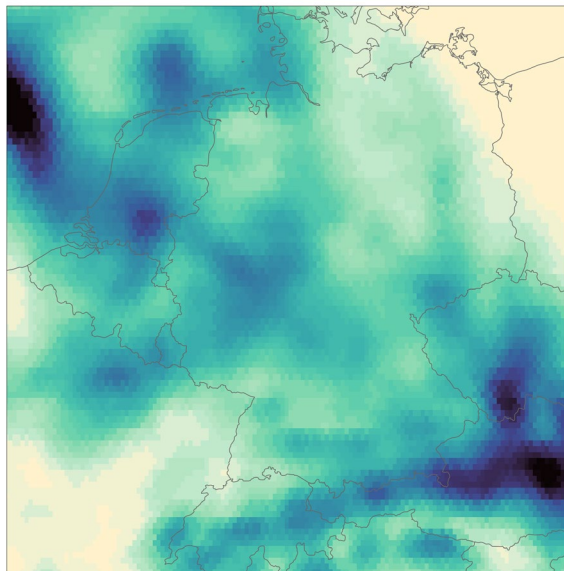
Fine-scale **O**bservation-based **R**eanalysis for **C**entral **E**urope

- Reanalyse für Mitteleuropa (Deutschland) in 2 km Auflösung
- Produktion läuft – zunächst 10 Jahre geplant (2016-2025)

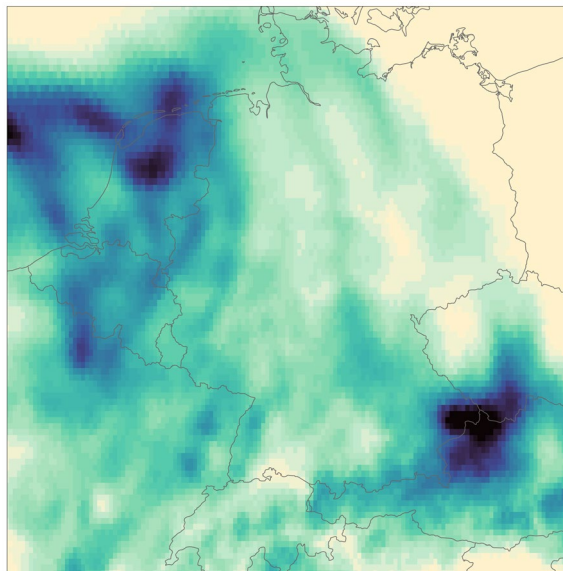
ICON FORCE: T2M+TOT_PREC



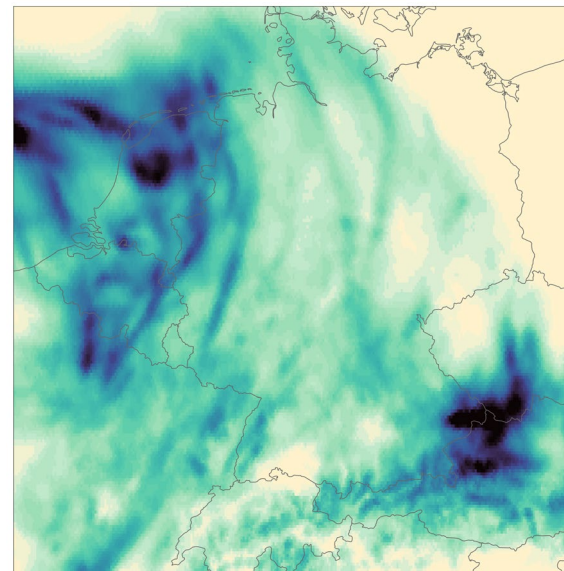
Niederschlag: Beispiel Tagessumme 05.06.2022



ERA5



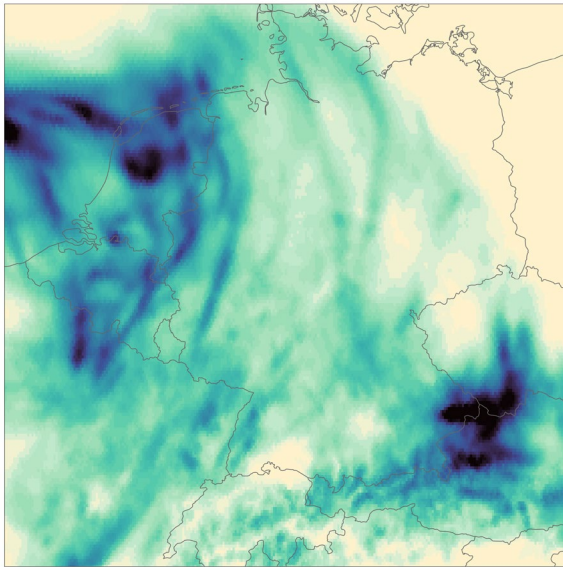
ICON-DREAM



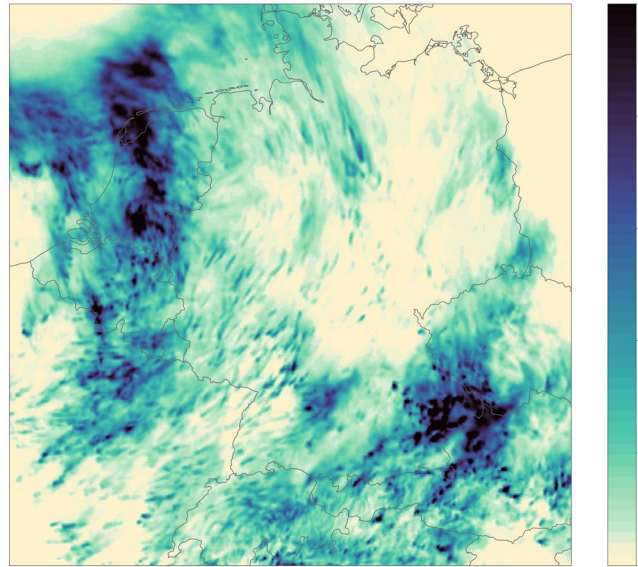
ICON-DREAM EU



Niederschlag: Beispiel Tagessumme 05.06.2022



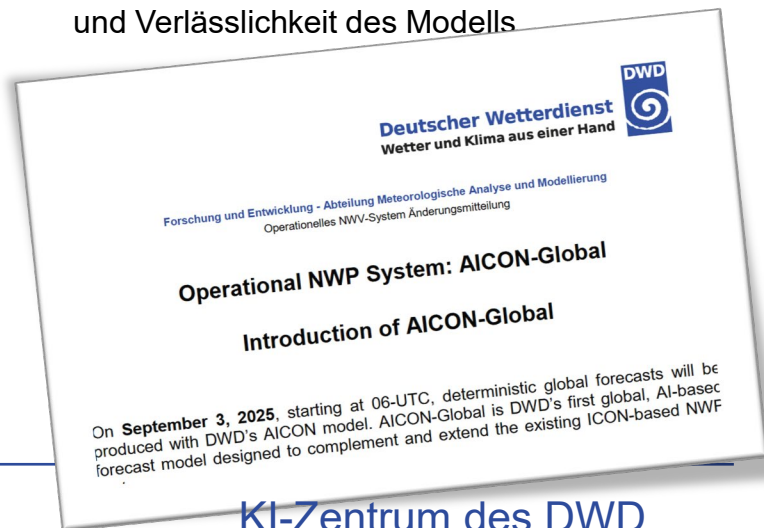
ICON-DREAM EU



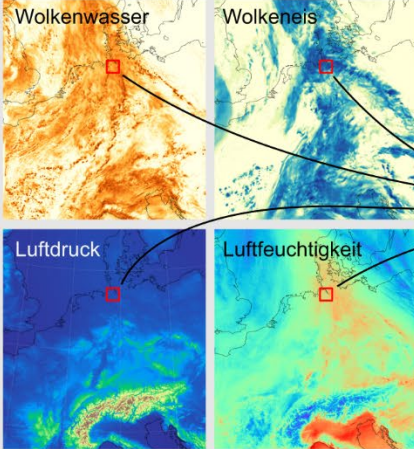
ICON-FORCE

Testbetrieb

- Das KI-Modell AICON läuft seit September 2025 im Testbetrieb parallel zum klassischen NWV System
- Derzeit evaluieren Experten der Vorhersagezentrale umfassend die Qualität und Verlässlichkeit des Modells

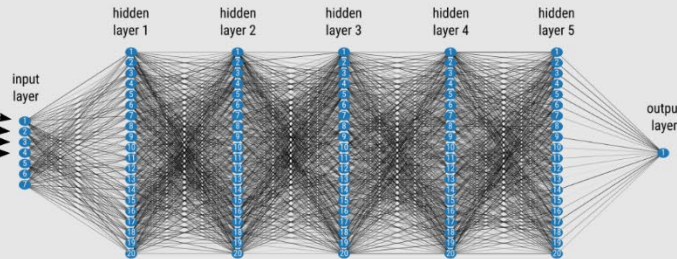


MODELLZUSTAND enthält unter anderem:



VORWÄRTSOPERATOR MFASIS-NN

Berechnet für jedes Pixel des Satellitenbildes die Helligkeit aus den Eingangsgrößen, die das numerische Wettervorhersagemodell an der entsprechenden Stelle liefert.

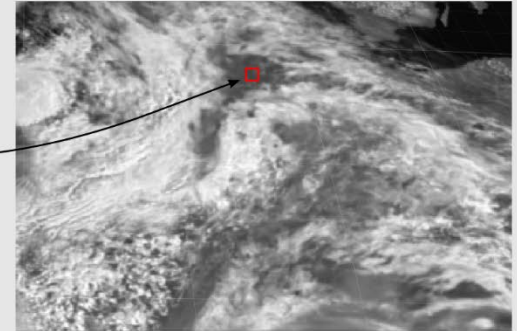


$$s_{l+1,n} = f(b_{l,n} + \sum s_{l,m} * w_{l,n,m})$$

Die Auswertung dieses relativ kleinen aber dennoch hinreichend genauen neuronalen Netzes benötigt pro Pixel nicht mehr als eine Mikrosekunde Rechenzeit.

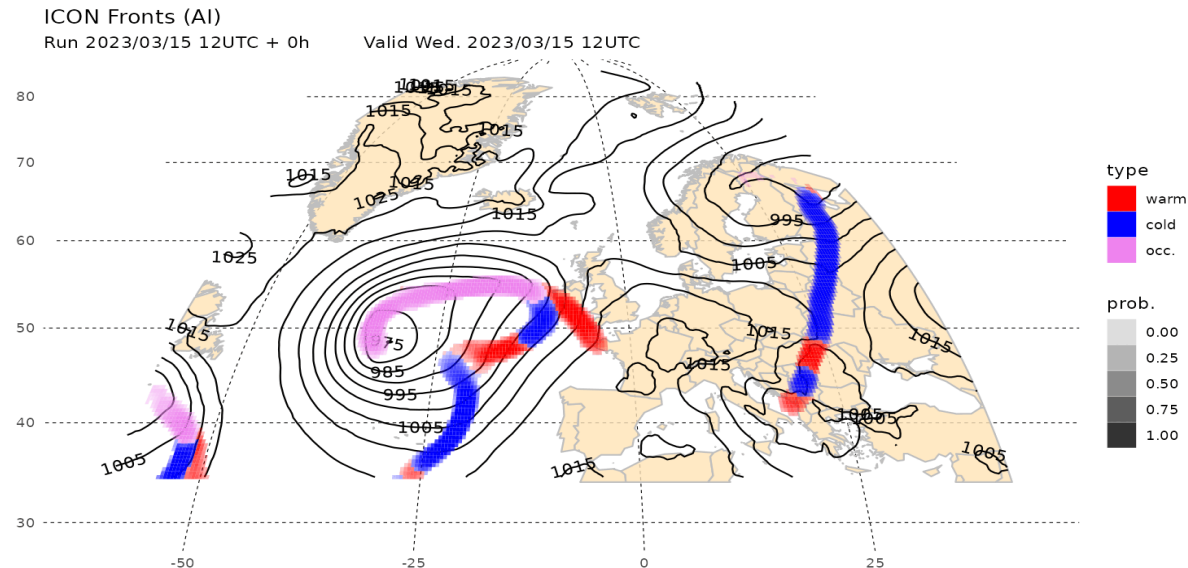
SIMULIERTES SATELLITENBILD

(in diesem Beispiel ein MeteoSat Nahinfrarot-Bild)



© Leonhard Scheck

MFASIS-NN ersetzt mit einem sehr schnellen neuronalen Netzwerk die zeitaufwändigen Strahlungstransferrechnungen, um die Helligkeit von Pixeln aus Modellvariablen zu bestimmen.



KI-basierte Situationsabhängige Verifikation von Felix Fundel



Ziele des KI-Zentrums

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



Ziele des KI-Zentrums am DWD

- Stärkung **individuellen und organisatorischen Wissens** zu Entwicklungen und Anwendungen im Bereich Künstliche Intelligenz
- Aufbau einer **einheitlichen, einfach zu wartenden Software-Architektur** für KI/ML
- Entwicklung und Implementierung **nachhaltiger KI-Lösungen** für die Nutzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- **Koordination** und **Bündelung** der KI-Entwicklungen und Ressourcen innerhalb des DWD
- **Vernetzung** mit externen, nationalen und internationalen Partnern



Plattform für
Sprach-KI-Anwendungen

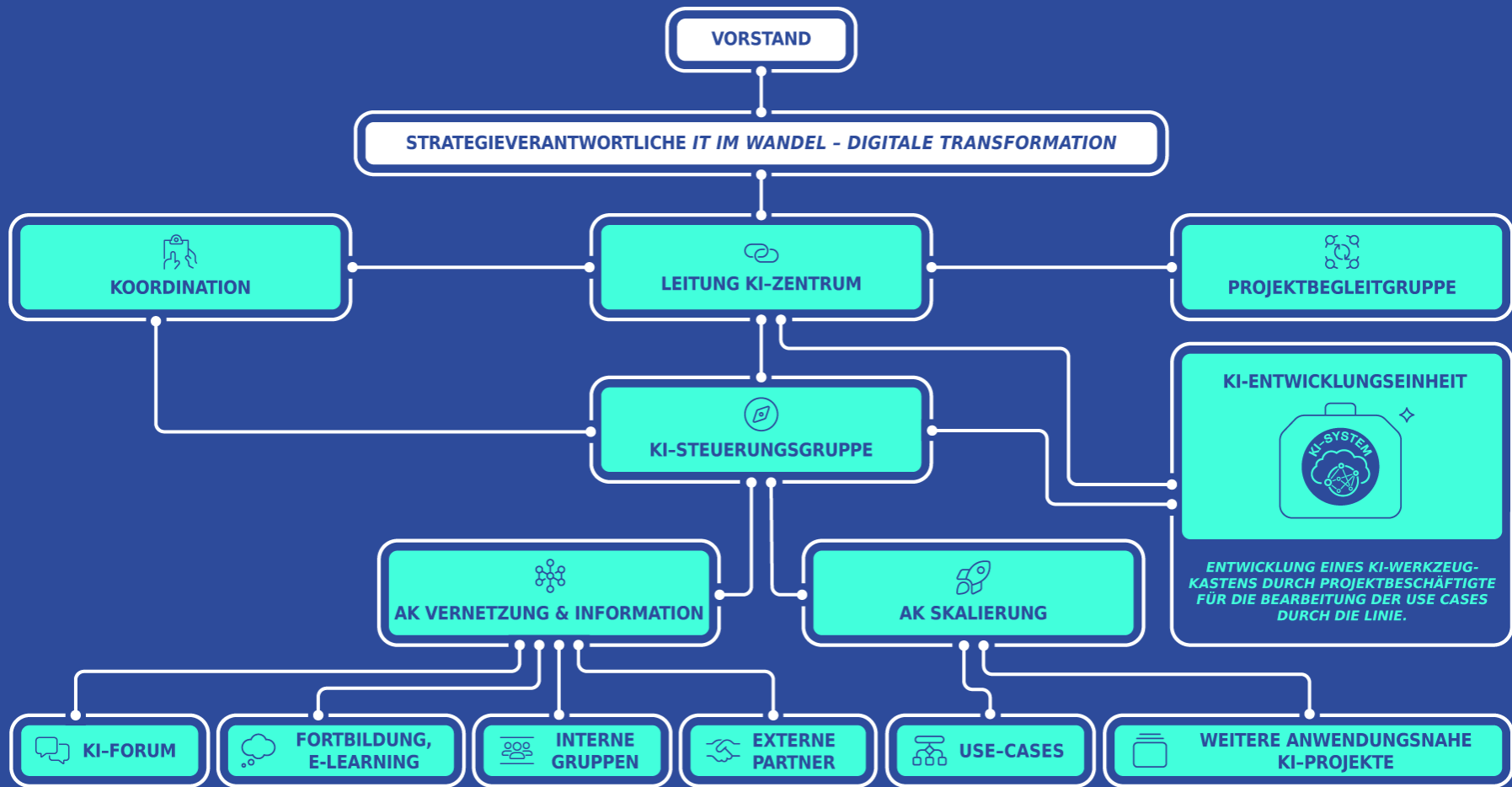


FRamework for
AI in
Meteorology

Software-Framework für
KI-Verfahren mit
physikalischen Daten



KI-Zentrum des DWD



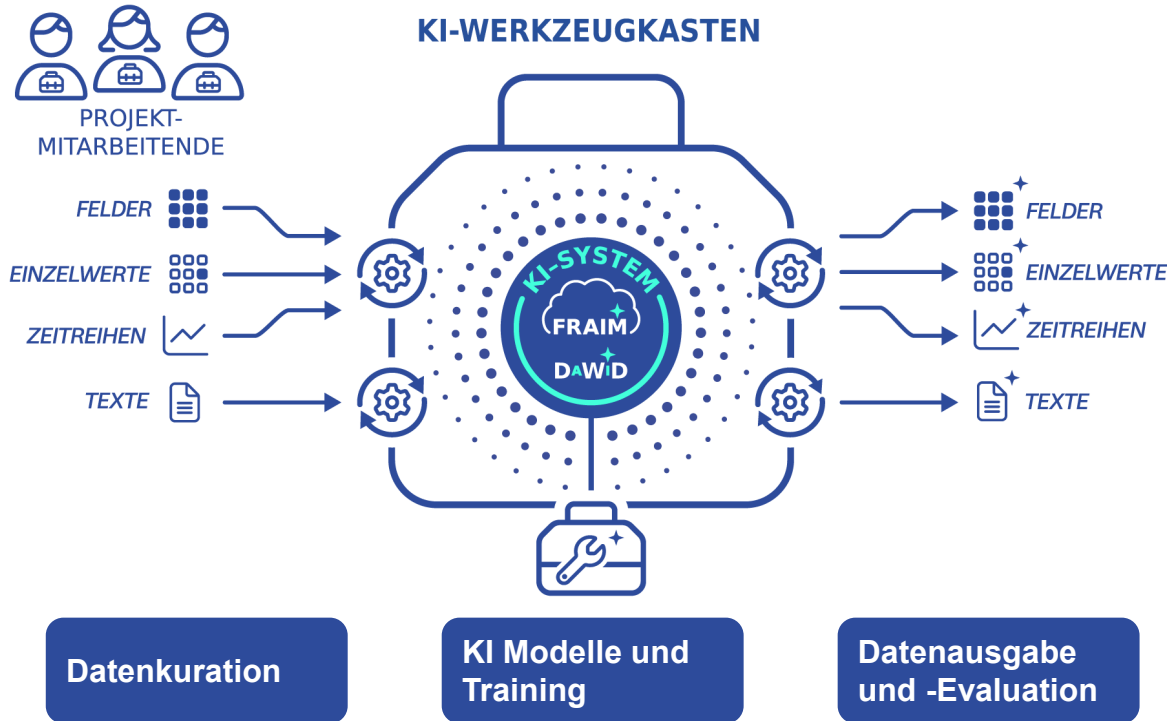


Aktivitäten des KI-Zentrums

- März 2025: Besetzung der vier IAFE Projektstellen
Beginn der Arbeiten an den Use Cases
- Juli 2025: DWD weiter Kick-off des KI-Zentrums
- September 2025: erste Treffen der Steuergruppe und AKs
- Oktober 2025: DAWID in Evaluierung in erweiterter Nutzergruppe
- November 2025: Release FRAIM 1.0
erste Use Cases in Evaluierung und Betrieb
- Dezember 2025: Ausschreibung von acht KI-Dauerstellen
- Februar 2026: DWD weiter KI-Tag

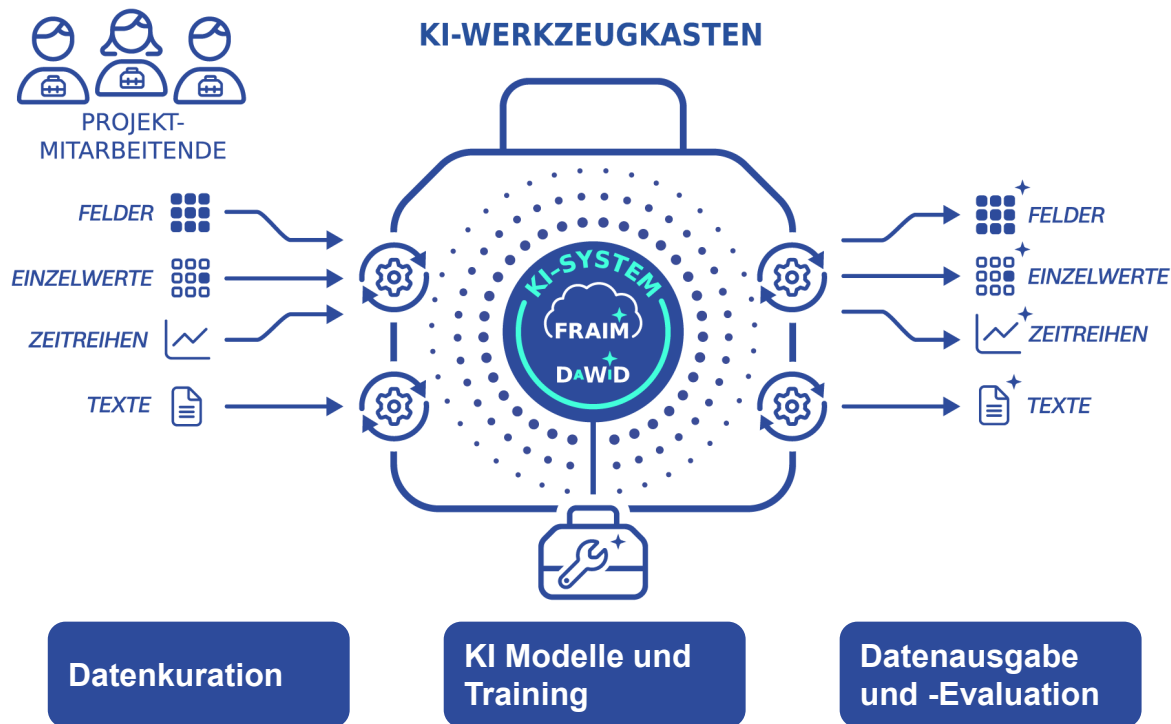


Julia Keller, Matthias Mages
Alexander Pasternack, Sarah Heibutzki,
Nikolas Porz, Stefanie Hollborn
von links nach rechts



Modularer KI-Werkzeugkasten für nachhaltige KI-Entwicklung

- Fokus auf **typische Daten**, **Datenformate** und **Anwendungen** im DWD
- Fokus auf **Verständlichkeit** und **Nachvollziehbarkeit** für meteorologische Fachexperten sowie **Wartbarkeit**
- umfassende **Dokumentation** und **Wissensmanagement**
- enge **Zusammenarbeit** zwischen KI-Experten und Fachexperten



Use Case getriebene Entwicklung

Aktuelle Use Cases umfassen

- KI-Datenassimilation
- Downscaling
- QPE
- Straßenwettervorhersage
- SMOS Datenaufbereitung
- SynCast Postprocessing
- Qualitätskontrolle für Beobachtungen
- multivariate Biaskorrektur
- Entwicklung verschiedener meteorologischer Produkte



KI-Zentrum

Codeentwicklung findet statt in **Gitlab**:
<https://gitlab.dkrz.de/dwd-ki-zentrum>



Infrastructure



Apps



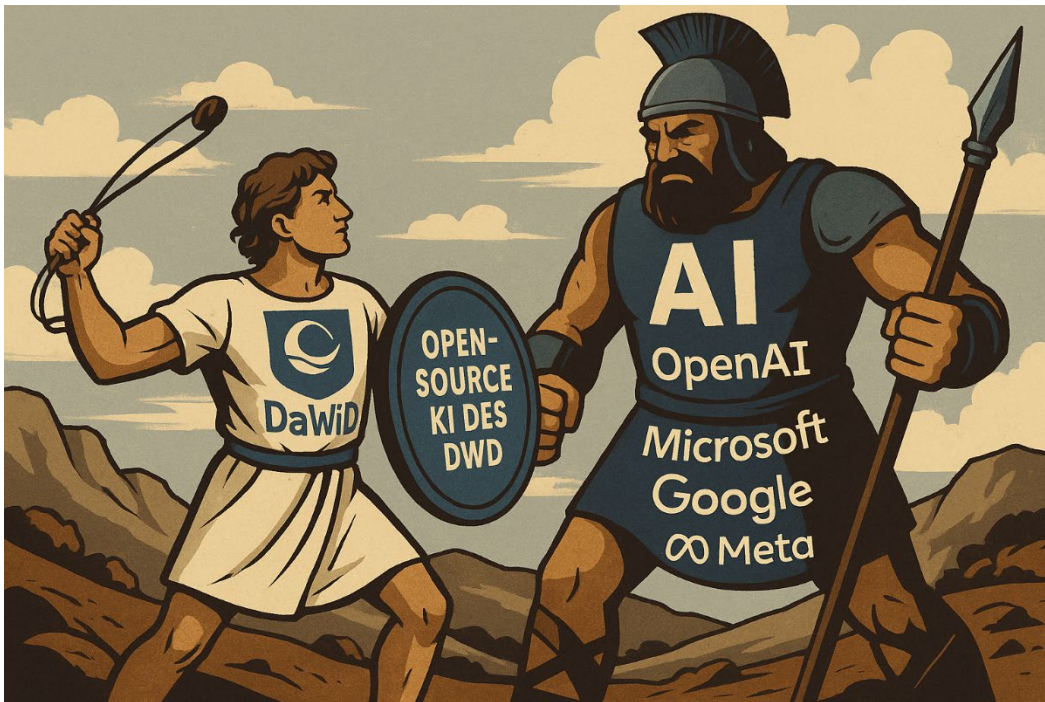
FRAIM stellt modulare **Werkzeuge** bereit.



KI-Anwendungen (Apps) werden in eigenen Repositories unter Nutzung der Tools aus FRAIM entwickelt.

Die **FRAIM_APP** zeigt das exemplarisch.





Erstellt mit ChatGPT 5 am 27.08.2025

DAWiD versus Goliath: Eine interne KI Plattform für souveräne generative KI





DAWID

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand



User: stefanie.hollborn@dwd.de [Logout](#)

New Session

Session ID: 8a31f8351381767ebc89660771a90f99

Sessions

DAWID beta

? Model: GPT-5 Mini (FAST) Data Space: None

Hallo Dawid, wer bist du? |



Ask

☐ Editor ☐ Forum

<https://eumetnet-ai.eu/dawid/index.php>



KI-Zentrum des DWD



User: stefanie.hollborn@dwd.de [Logout](#)

New Session [v](#)

Session ID: 8a31f8351381767ebc89660771a90f99

Sessions

DAWID beta

You asked:

Hallo Dawid, wer bist du?

DAWID:

» Model

Hallo — ich bin DAWID, dein Assistenz-Agent des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Ich wurde vom KI-Zentrum des DWD im Rahmen des EUMETNET E-AI-Programms entwickelt, um Fachpersonen bei Meteorologie, Klima, Datenanalyse und KI-Aufgaben zu unterstützen.

Was ich kann (Kurzüberblick)

- Meteorologie & Klimatologie: Erklärungen, Analysen, Interpretation von Messdaten und Modelloutput (z. B. ICON-EU).
- Aktuelles Wetter & Forecasts: Ich kann aktuelle Wetterdaten und Vorhersagen für Städte liefern (get_weather, get_weather_forecast).
- Forschung & KI: Beratung zu Machine Learning, Datenassimilation (z. B. AI-VAR), Modellbildung und Evaluation.
- Programmierung & Automatisierung: Erzeuge Bash-Skripte, Python-Code, Jupyter-Notebooks, Datenpipelines.
- Dokumente & Dateien: Lade, fasse zusammen, analysiere hochgeladene Dateien oder speichere Ergebnisse (load_file / save_file).
- Web-Recherche: Führe aktuelle Recherchen über google_search aus, wenn aktuelles Wissen nötig ist.
- Datenschutz & Modelle: Im UI kannst du das LLM auswählen (z. B. lokale Mistral/llama3 für DVGSO-konforme Verarbeitung).

Wie du beginnen kannst

- Frag: „Wie wird das Wetter in München morgen?“ (ich nutze dann die Forecast-Funktion).
- Lade eine Datei hoch: „Fass dieses PDF zusammen.“
- Sag mir dein Projekt: „Hilf mir bei einem Skript, das Messdaten verarbeitet.“

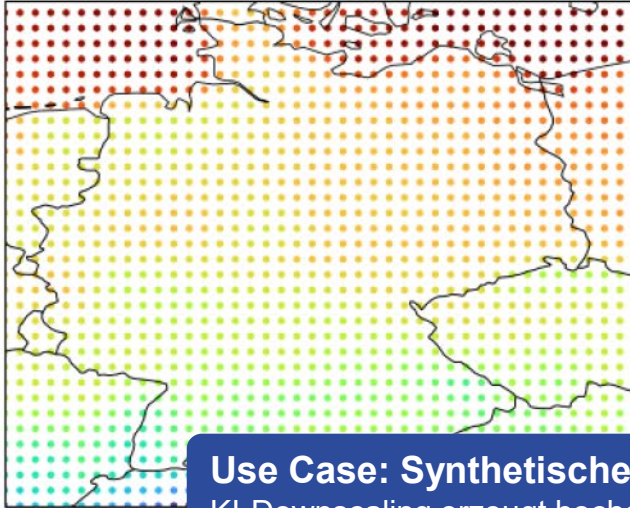
Was soll ich für dich tun?



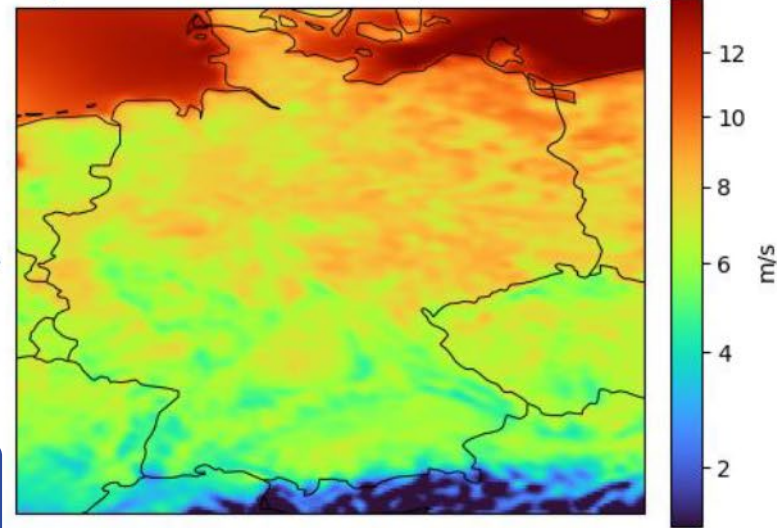
FRAIM Use Cases

Mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe für den 19.02.2022 (Orkan Zeynep)

Input: ERA5-Reanalyse (ca. 25 km Auflösung)



Ergebnis: KI-basiertes Windfeld (ca. 5 km Auflösung)



Use Case: Synthetische Beobachtungen

KI-Downscaling erzeugt hochaufgelöste Windfelder aus grob aufgelösten Klimaprojektionen. Die hochaufgelösten Felder werden zur Auswertung von Klimaprojektionen benötigt. Das Verfahren wird derzeit von der Facheinheit evaluiert.



Use Case: SMOSAI

Das FRAIM-Verfahren SMOSAI verbessert die Qualität von satellitenbasierten Salinitätsdaten in Echtzeit.

Dieser Prozessierungsschritt dauerte bisher mehrere Stunden. Vorhersagen des DWD-Erdsystemmodells können nun deutlich früher starten.



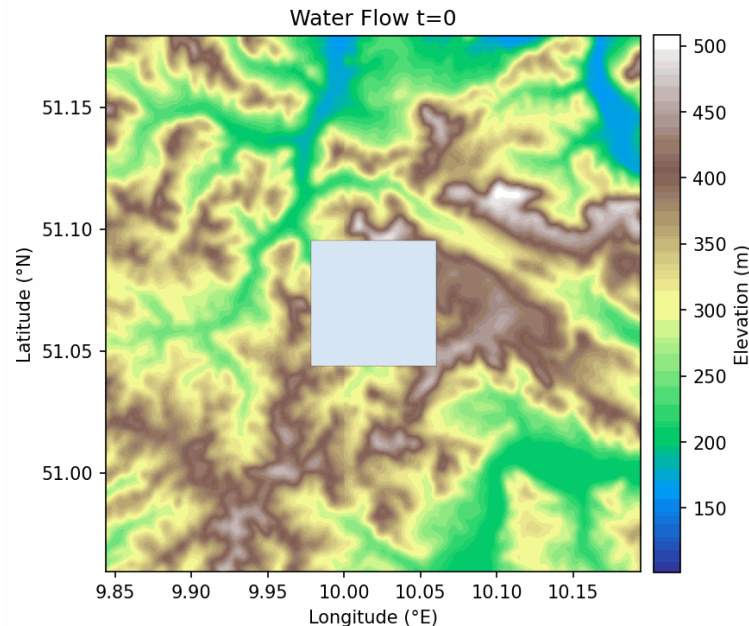
Ziel des Verfahrens:

Früherkennung potenzieller Überschwemmungssituationen innerhalb von Sekunden nach Erhalt neuer Niederschlagsinformationen.

Reagiert nahezu in Echtzeit:

1. Eingabe neuer Niederschlagsfelder
2. Sofortige Berechnung eines räumlich aufgelösten Überschwemmungsindikators
3. Visualisierung potenziell betroffener Gebiete

Das System liefert einen schnellen, kontinuierlich aktualisierbaren Indikator für mögliche Gefahren, um die offizielle und etablierte Vorhersage- und Warnkette zu unterstützen.



Kontakt:

Dr. Stefanie Hollborn

Deutscher Wetterdienst
Leitung Beobachtungsmodellierung und Verifikation
Leitung KI-Zentrum des Deutschen Wetterdiensts

Frankfurter Straße 135
63067 Offenbach
mail: stefanie.hollborn@dwd.de

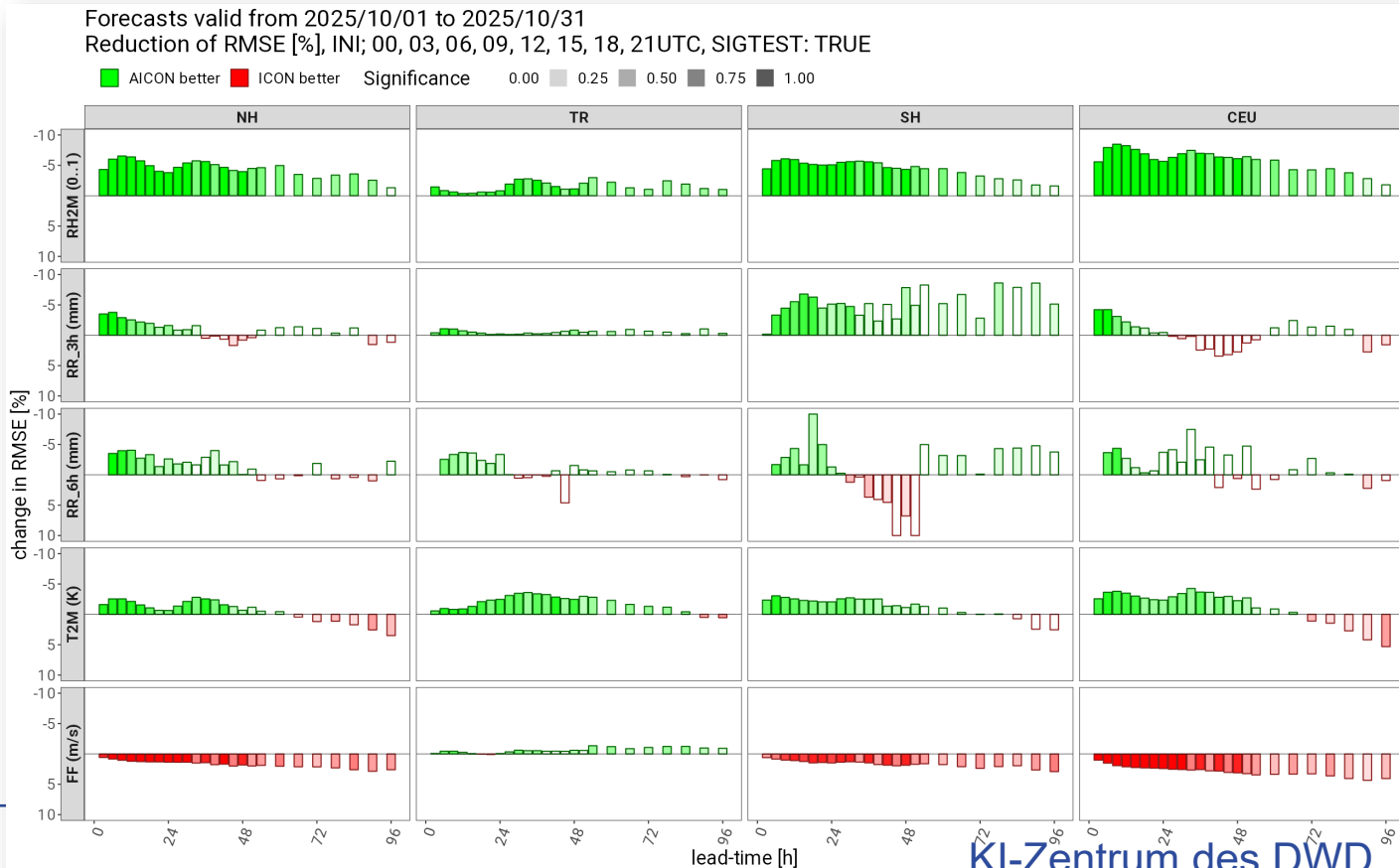


Anhang: AICON Verifikation



Performance

- Synop
verification



Performance: Fractional Skill Scores for Precipitation (September 2025)

AICON, ICON, AIFS

